

UNIVERZA V LJUBLJANI  
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Domen Hofman

**Sistem za daljinski klic na pomoč v  
domu starejših**

DIPLOMSKO DELO

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM  
PRVE STOPNJE  
RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKA

MENTOR: izr. prof. dr. Iztok Lebar Bajec

Ljubljana, 2017

Rezultati diplomskega dela so intelektualna lastnina avtorja ter Fakultete za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani. Za objavljane ali izkoriščanje rezultatov diplomskega dela je potrebno pisno soglasje avtorja, Fakultete za računalništvo in informatiko ter mentorja.

*Hvala bratu Ivanu za izdelavo logotipa.*



Fakulteta za računalništvo in informatiko izdaja naslednjo nalogo:

Tematika naloge:

V diplomskem delu preučite obstoječo opremo za realizacijo daljinskega klica na pomoč v domu starejših občanov. Ob upoštevanju lastnosti opreme predlagajte nadgradnje sistema, ki bodo omogočale dodajanje novih funkcionalnosti ter olajšale rokovanje s sistemom.



## IZJAVA O AVTORSTVU

Spodaj podpisani Domen Hofman, z vpisno številko 63110246, sem avtor diplomskega dela z naslovom:

*Sistem za daljinski klic na pomoč v domu starejših*

*(angl. Remote call for help system in homes for the elderly)*

## IZJAVLJAM

1. da sem diplomsko delo izdelal samostojno pod mentorstvom izr. prof. dr. Iztoka Lebarja Bajca;
2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;
3. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;
4. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;
5. dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V Ljubljani, 15.3.2017





# Kazalo

<b>1</b>	<b>Uvod</b>	<b>1</b>
1.1	Opis problema . . . . .	1
1.2	Cilji . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Pregled področja</b>	<b>5</b>
2.1	Sistemi daljinskega klica na pomoč . . . . .	6
2.2	Novejši sistemi . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Opis HofSOS sistema klica na pomoč</b>	<b>9</b>
3.1	Sobni modul . . . . .	9
3.2	Modul za obdelovanje signalov . . . . .	13
3.2.1	Relejna ploščica . . . . .	13
3.2.2	Raspberry Pi . . . . .	15
3.2.3	Programsko obdelovanje signalov . . . . .	16
3.3	Strežniški modul . . . . .	19
3.3.1	Podatkovna baza . . . . .	21
3.4	Prikazovalni modul . . . . .	21
<b>4</b>	<b>Primer implementacije končnega izdelka</b>	<b>25</b>
4.1	Pregled delovanja HofSOS s primerom . . . . .	26
4.2	Sklep . . . . .	27
	<b>Literatura</b>	<b>29</b>



# Povzetek

**Naslov:** Sistem za daljinski klic na pomoč v domu starejših

**Avtor:** Domen Hofman

V diplomski nalogi je opisan proces načrtovanja in izdelave sistema daljinskega klica na pomoč, ki je primeren za vgradnjo v domu starejših. Tak sistem omogoča varovancem, da s gumbom oziroma sprožilcem daljinsko opozorijo zdravstveno osebje, da potrebujejo pomoč. Ti alarmi se zvočno in vizualno prikazujejo na neki enotni lokaciji, kar članu zdravstvenega osebja omogoča učinkovit nadzor nad velikim številom varovancev. Načrt vsebuje analizo potreb uporabnika, opis primerne opreme in načrt informacijskih povezav med moduli. Moduli so programska in druga oprema, ki omogočajo sproženje klica na pomoč, njegovo zaznavo iz oddaljene sobe in njegovo obdelavo, beleženje in vodenje dnevniških datotek, postavitve strežnika informacij o stanju v domu in prikaz stanja na napravah po zgradbi. Končni cilj projekta je povečati varnost in zadovoljstvo varovancev ter zaposlenim olajšati delo in povečati njihovo učinkovitost.

**Ključne besede:** klic na pomoč, sestrski klic, alarm, zdravstvo, dom starejših.



# Abstract

**Title:** Remote call for help system in homes for the elderly

**Author:** Domen Hofman

In my thesis I outline the process of designing and building a call for help system suitable for installation in homes for the elderly. This system allows tenants to remotely call a nurse for help by pressing a button. These alarms are visually and aurally presented in a central location, which gives a nurse control over many tenants in an efficient fashion. Planning will include an analysis of the needs of end users, identifying appropriate hardware and software, and an analysis of information links between modules comprising the system. The modules are hardware and software components which enable the triggering of a call for help, receiving the signal itself, event logging, setting up a system status server and the displaying of information on devices located in the building. The purpose of the system is to enhance the well-being of tenants and to help employees be more efficient.

**Keywords:** call for help, nurse call, alarm, healthcare, nursing home.



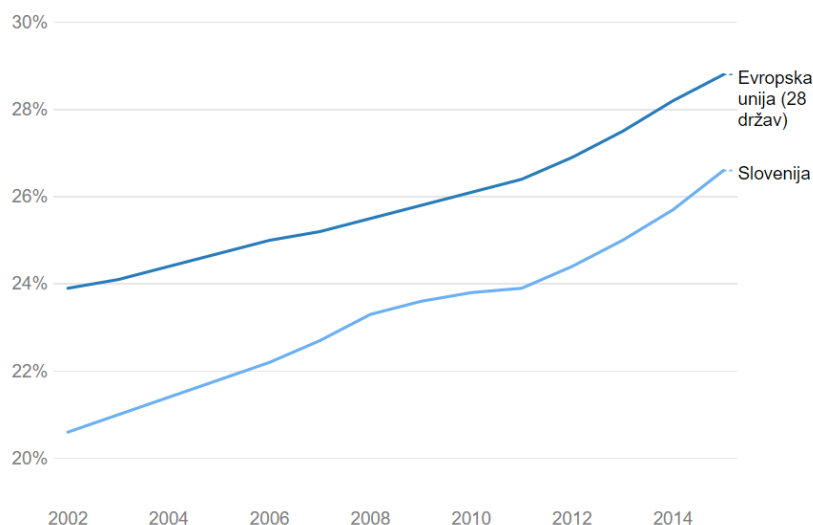
# Poglavje 1

## Uvod

Družbeni trendi v Evropi kažejo na rastoč delež starejšega prebivalstva (slika 1.1), hkrati pa se zahteve po visokih standardih oskrbe v domovih starejših večajo. Zdravstvena industrija išče in potrebuje nove, sodobne rešitve za večanje udobja varovancev, za zaznavanje in preprečitev razvoja bolezni ter boljšo učinkovitost delavcev v zdravstvenih ustanovah [1]. Pojavljajo se tudi potrebe po modernizaciji zastarelih sistemov. Veliko priložnost predstavljajo nove zmogljivosti na področju pametnih telefonov in tablic, na kar kažejo na primer tablična aplikacija za prepoznavanje razvoja Parkinsonove bolezni [2], padanje cen tehnoloških komponent in nove navade ljudi. Za to temo diplomске naloge sem se odločil, ker na trgu zdravstvene oskrbe v prihodnosti vidim dobre priložnosti; obseg dela se mi zdi primeren za pridobitev pomembnih znanj iz tega področja.

### 1.1 Opis problema

Dom starejših je bivalno okolje kjer živijo osebe, ki zaradi starosti in z njo povezanih bolezni potrebujejo pomoč pri vsakodnevni opravi. To zdravstveno področje ureja Pravilnik o standardih in normativih socialnovarstvenih storitev [4]. Dandanes jim pomagajo zaposleni s posebno izobrazbo. V Sloveniji so to na primer tehniki zdravstvene nege in diplomirane medicinske



Slika 1.1: Število prebivalcev nad 65 leti starosti v primerjavi s prebivalci med 15-64 leti starosti [3]. Opaziti je naraščajoč trend.

sestre.<sup>1</sup> Vsaka sestra nadzoruje več varovancev, ki bivajo v ločenih sobah. V interesu doma starejših je, da ena sestra nadzoruje čim večje število sob na način, da še vedno zadovoljuje zakonsko in lastno postavljene standarde oskrbe, naprimer odzivni čas sestre in samo kvaliteto oskrbe. Na sliki 1.2 je upodobljen tloris namišljenega doma starejših, kjer ena sestra nadzoruje vse z rdečo označene bivalne sobe v tem nadstropju.

Osnovni problem predstavlja dejstvo, da stanovalec v domu starejših, ki potrebuje pomoč, pogosto na to ne more opozoriti z glasnim klicanjem ali lastnim iskanjem pomoči, stalna prisotnost zdravstvenega osebja pa je v praksi neizvedljiva in z vidika zasebnosti tudi sporna. Potreben je torej sistem ki omogoča varovancem, da s pomočjo gumba oziroma sprožilca daljinsko pokličejo sestro na pomoč. Glavna prednost takega sistema je to, da se klici iz večih sob se zvočno in vizualno prikazujejo na neki enotni lokaciji, kar omogoča učinkovit nadzor nad velikim številom varovancev. V naprednejših

<sup>1</sup>V preteklosti se je namesto naziva *tehnik zdravstvene nege* uporabljal naziv *srednja medicinska sestra* oz. *srednji zdravstvenik*.





Slika 1.2: Tloris namišljenega doma starejših. Na sliki so z rdečo barvo označene sobe, ki jih nadzoruje en član zdravstvenega osebja.

izvedbah se alarmi prikazujejo na napravi, ki jo sestra med opravljanjem svojih obveznosti nosi s seboj. Sistem beleži tudi podatke za računanje odzivnega časa sester, kar je pomembno za zagotavljanje kakovosti delovanja zaposlenih.

## 1.2 Cilji

Cilj naloge je ustvariti kvaliteten in zanesljiv sistem daljinskega klica na pomoč, ki bo rešil problem, opisan v podpoglavju 1.1.

Sistem bo sestavljen iz štirih modulov. Prvi oziroma sobni modul sestavljajo naprave, ki omogočajo sproženje klica: posteljna enota, potezno stikalo in sobna enota. Teh naprav ne bom zgradil sam, ampak jih bom kupil, saj

razvoj strojne opreme ni glavni cilj te diplomske naloge. Drugi modul bo sestavljen iz strojne in programske opreme, ki bo delovala kot koncentrator klicev iz več sob, jih obdelala in zabeležila čas dogodkov in nato informacije predala strežniškemu modulu. Ta bo informacije posredoval četrtemu, prikazovalnemu modulu. Ta je sestavljen iz brskalniške ali Android aplikacije, ki na ekranu jasno prikazuje stanje v domu.

Cilj sistema klica na pomoč je, da z implementacijo preprosto dobavljive strojne opreme, ki zahteva čim manjše posege v infrastrukturo, poveča varnost stanovalcev v domu starejših, izboljša učinkovitost zdravstvenega osebja in nudi več funkcionalnosti kot obstoječi, zastareli sistemi.

## Poglavje 2

### Pregled področja

Trenutno politično vzdušje v Sloveniji kaže naklonjenost razvoju pametnih rešitev na področju zdravstvene oskrbe starejših. Leta 2015 je bil v okviru strategije pametne specializacije (projekt Vlade republike Slovenije za razvoj in evropsko kohezijsko politiko) sprejet predlog *EM zdravje* (elektronsko in mobilno zdravje), ki želi izboljšati nivo zdravstvene oskrbe pacientov in zmanjšati z njo povezane stroške[5]. Kot ključni pogoj za doseganje ciljev navaja povezovanje partnerjev, kar se odraža naprimer v sodelovanju *Instituta Jožef Stefan* in podjetja *Doktor24*, ki izdelujeta rešitev IN LIFE za večanje varnosti in udobja starejših s pomočjo uporabe pametne ure.

Namen rešitve IN LIFE je daljšanje samostojnega življenja starostnika. S funkcijo avtomatskega ali ročnega klica na pomoč v primeru padca omogoča samostojno življenje starostnikom, pri katerih je možnost poškodbe pri padcu visoka. Na telefonsko linijo, ki je odprta 24 ur na dan, se javi osebje podjetja Doktor24 in ustrezno obravnava klic na pomoč.

Predlog EM zdravje kot partnerje navaja tudi manjša podjetja s svojimi produkti in rešitvami. Podjetje *Pro-bit* se ukvarja s programskimi rešitvami. Na področju zdravstvene oskrbe starejših ponuja programski paket za podporo poslovanju. Zdravstveno osebje lahko s pomočjo aplikacije na prenosni napravi v centralno bazo vnese opravljene storitve in se tako izogne zamudnemu evidentiranju na papir. Podatki v bazi se nato obdelujejo za potrebe

finančnih, obveščevalnih in ostalih procesov. Podjetje *Eurotronik* za vnos storitev ponuja tablične računalnike v sobah varovancev in integracijo z njihovim sistemom klica na pomoč.

## 2.1 Sistemi daljinskega klica na pomoč

Iz opisa problema v uvodnem poglavju lahko definiram naslednje karakteristike, ki jih bo imel sistem daljinskega klica na pomoč, razvit v tej diplomski nalogi :

- vgrajen bo na lokaciji z večjim številom varovancev in manjšim številom sester,
- varovancem bo v vsakem trenutku in na katerikoli lokaciji razumno in daljinsko omogočen klic sestre (princip varnosti in kakovosti življenja),
- zbiranje informacij o aktivnih klicih na enotni lokaciji ali napravi (princip delovne učinkovitosti zdravstvenega osebja).

V preteklosti so sistemi klica na pomoč nudili podobno funkcionalnost s pomočjo gumbov in fizičnih (električnih) povezav, v nadaljevanju: žic. Žični sistemi so običajno sestavljeni iz večjega števila sobnih enot in manjšega števila konceptorjev. Slednji so lahko tudi večnivojski.

Za delovanje je potrebnih več elektronskih komponent. Sobna enota je element v velikosti standardne električne vtičnice z dvema gumboma. Nahaja se znotraj sobe, od-tod tudi njeno ime. Znotraj ohišja sobne enote je vezje, ki skrbi za to, da se ob pritisku gumba za sprožitev klica na pomoč ta informacija pošlje naprej v sistem. Informacija je predstavljena z električnim signalom, ki ga naslednji element zazna. Sobna enota nadzoruje tudi luč, ki je pogosto nad vhodom v vsako sobo.

Električni signal iz sobne enote potuje po žicah v stavbi do prvega konceptorja z lučkami. Do konceptorja vodijo žice iz več sob. Vezje v konceptorju morebitni sproženi klic predstavi s prižgano lučko na pravilnem

mestu. Namen tega koncentratorja je, da sestra z enim pogledom ugotovi, v kateri sobi v nekem nadstropju je aktiven klic na pomoč. Koncentrator se pogosto nahaja pri vhodu v to nadstropje, poleg dvigala ali stopnišča.

Koncentratorji sob so lahko povezani še s koncentratorjem nadstropij. Do tega koncentratorja vodi ena žica iz vsakega koncentratorja sob. Tudi tu se uporabljajo lučke, katerih namen je, da sestra z enim pogledom vidi, v katerem nadstropju je aktiven klic na pomoč. Zaradi koncentratorja nadstropij je sestri močno olajšano delo ponoči, ko je zaradi manjše pogostosti klicev na pomoč na delovnem mestu tudi manj sester, zaradi česar mora ena sestra nadzorovati več nadstropij. Koncentrator nadstropij je pogosto v pritličju, pri vhodu na stopnišče oziroma v dvigalo.

Koncentrator nadstropij je povezan z barvnimi lučmi, ki so na lokacijah, kjer se najpogosteje zadržujejo sestre. Luči morajo biti dovolj svetle, da se jih lahko zlahka razloči tudi podnevi. Če sestra vidi, da je luč prižgana, se odpravi do koncentratorja nadstropij in po korakih ugotovi, iz katere sobe je prišel klic na pomoč.

## 2.2 Novejši sistemi

Največja razlika med starejšimi in sodobnimi sistemi, kar se tiče osnovne funkcionalnosti, je v kvaliteti izvedbe in zanesljivosti sistema, ter v prikazovanju klicev na monitorjih, televizorjih in pametnih napravah, ki so izpodrinile lučke in majhne LCD ekrane. Informacija, ki jo sestra vizualno prejme, je pogostejša in bolj kvalitetna. Razvoj je bil usmerjen v večjo zanesljivost komponent in lep estetski izgled. Različni sistemi klica na pomoč se danes razlikujejo predvsem po dodatni funkcionalnosti, ki jo ponujajo. Tako je sistemom daljinskega klica na pomoč včasih dodana govorna in video komunikacija, zasloni na dotik, ki omogočajo prikaz novic in lokalnih dogajanj, podpora za beleženje administriranih zdravil, sistemov za detekcijo padca iz postelje, in podobno.

Z vidika varovancev uporaba novejših sistemov ni spremenjena. Sobna

enota je še vedno naprava z gumbom, ki je pritrjena na steno. Včasih se tej enoti dodata tudi zvočnik in mikrofona, kar omogoča govorno komunikacijo med varovancem in sestro, vendar zaradi težje in dražje izvedbe to ni tako razširjeno. Za dobro izvedbo dvosmerne zvočne komunikacije se število žic močno poveča in funkcionalnost je otežena zaradi splošnega slabega sluha uporabnikov. Glede na preteklo izvedbo sistema so morda novost tudi posteljne enote in potezna stikala v kopalnici.

Čeprav so od začetka 21. stoletja brezžične informacijske tehnologije na področju zanesljivosti in prepustnosti močno napredovale, so zaradi svoje narave manj zanesljive kot tradicionalne žične povezave. Zaradi potrebe po popolni zanesljivosti se pri sistemih klica na pomoč še naprej najpogosteje uporabljajo žice. Drug razlog za trdoživost žičnih sistemov je tudi dejstvo, da imajo stavbe običajno že speljane žice iz vsake bivalne sobe do neke centralne lokacije zaradi razširjene uporabe žičnih telefonov in interneta, kar olajša in poceni uvedbo žičnega sistema klica na pomoč.

Pomanjkljivost starejših sistemov v primerjavi s sodobnimi rešitvami je torej slabša integracija z ostalimi procesi doma. Če je stari sistem omogočal beleženje dogodkov, te informacije niso lahko dostopne, posodobitev sistema z ohranitvijo obstoječih komponent pa ni niti možna niti smiselna. Zgradil bom rešitev, ki bo strojno prižiganje lučk na pravih mestih na koncentradorju nadomestila s programskim obdelovanjem signalov iz različnih sob. Program bo tekel na modernem in relativno zmogljivem računalniku, kar bo omogočilo večjo funkcionalnost (spletni strežnik, internetna komunikacija med moduli, vodenje dnevniških datotek ipd.) in lažjo razširljivost ter integracijo z morebitnimi ostalimi sistemi za obvladovanje procesov v domu starejših.

## Poglavje 3

# Opis HofSOS sistema klica na pomoč

HofSOS je ime sistema za daljinski klic na pomoč, ki je opisan v tej diplomski nalogi. Sestavljen je iz štirih modulov. Sobni modul sestavljata posteljna enota in potezno stikalo, ki aktivirata sobno enoto in s tem sprožita klic na pomoč. Sobno enoto lahko sprožimo tudi samostojno. V vsaki bivalni sobi je ena sobna enota, ki je z dvema dolgima žicama povezana z modulom za obdelovanje signalov, ki je na drugi lokaciji. Ta modul sestavljata relejna ploščica, ki od aktivirane sobne enote sprejme električni signal, in računalnik, ki ta signal programsko prebere iz ploščice in ga pošlje strežniškemu modulu. Strežniški modul informacijo preko interneta pošlje prikazovalnemu modulu, to je računalnikom in pametnim napravam.

### 3.1 Sobni modul

Sobni modul je sestavljen iz treh naprav, prikazanih na sliki 3.1. Sobna enota je naprava v velikosti standardne električne vtičnice z rdečim gumbom, ki sproži klic na pomoč (v nadaljevanju: klic). Ker mora biti oseba sposobna sprožiti klic tudi iz ležečega položaja je na posteljno enoto s telefonsko vrvico povezan še dodaten rdeč gumb, ki opravlja enako nalogo. Če ima soba ločeno

kopalnico, je v njej poleg kadi ali tuša potezno stikalo za sprožitev klica. Vrvica stikala mora biti dostopna tudi v primeru, če varovanec pade in ne more vstati. Posteljna enota in potezno stikalo sta povezana s sobno enoto, ki torej deluje kot koncentrador aktivnih signalov na nivoju sobe.



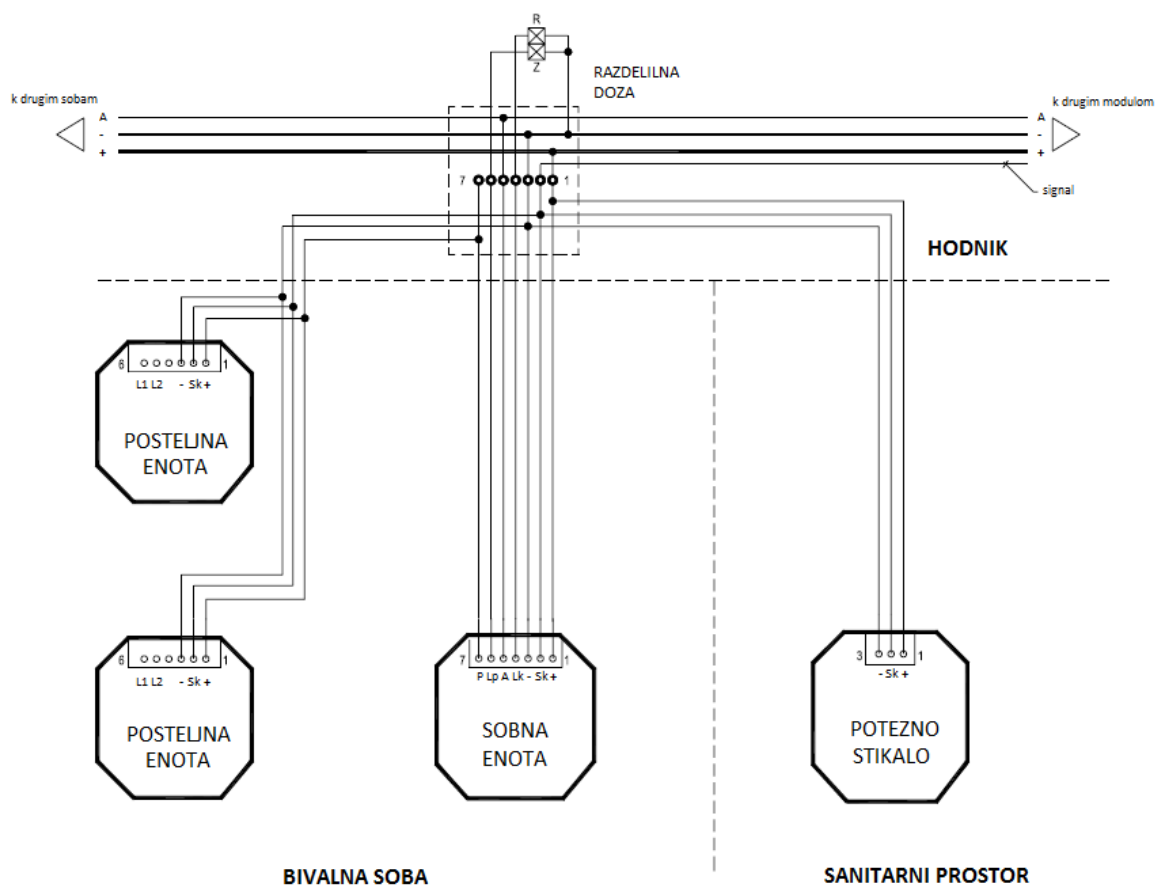
Slika 3.1: Od leve proti desni: posteljna enota s priključeno vrvico, potezno stikalo, sobna enota

Slika 3.2 prikazuje električno shemo vseh komponent sobnega modula in omrežja, ki je potrebno za njegovo delovanje.

Legenda oznak:

- Sk - signal klic,
- Lk - luč klic,
- Lp - luč prisotnost,
- P - priključek za napajanje posteljnih enot,
- A - vod za skupne alarme,
- - - ozemljitev,
- + - napajanje,



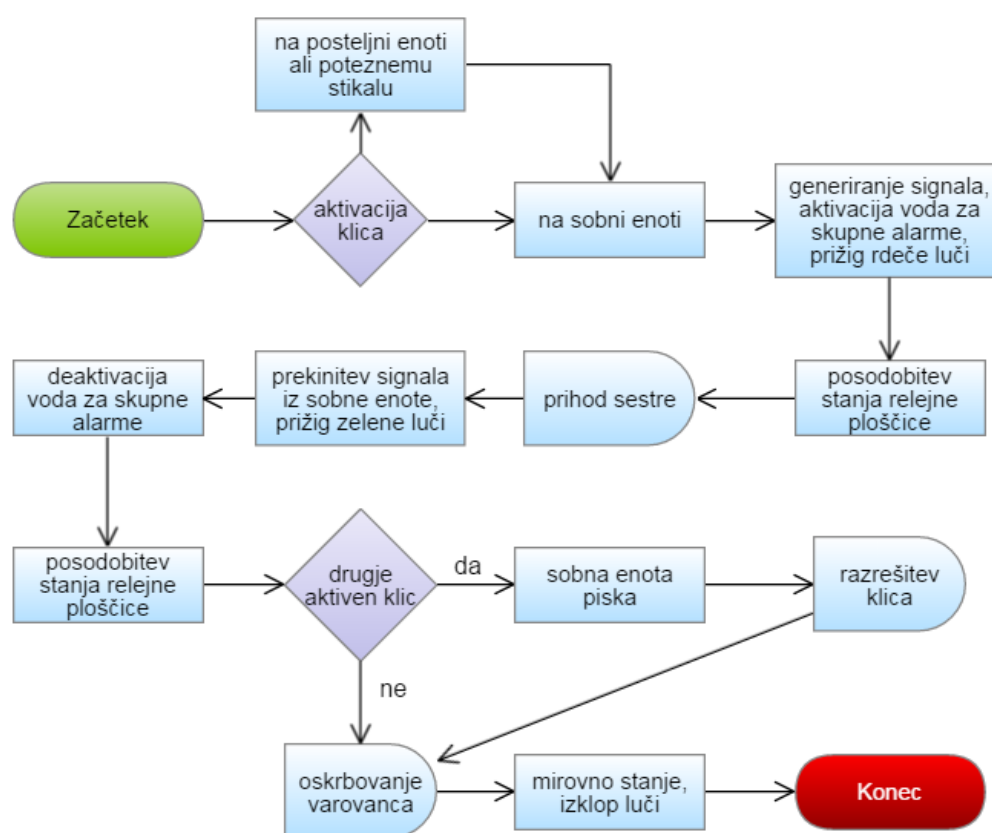


Slika 3.2: Električna shema sobnega modula in omrežja

- R - rdeča luč,
- Z - zelena luč,
- L1 in L2 - priključka za nadzor nad navadnimi lučmi za osvetlitev sobe (ni v uporabi)

Sobna enota je naprava z rdečim in zelenim gumbom za sprožitev in razrešitev klica. Njeno delovanje je predstavljeno z diagramom poteka na sliki 3.3. Poleg samostojnega proženja in razrešitve deluje tudi kot koncentrador sobnih signalov. Če je sprožena katerakoli naprava v sobi, sobna enota generira električni signal (pol sekunde visoko stanje 12V, pol sekunde nizko

stanje 0V) na centralno lokacijo, kjer je obdelovalec signalov. Ko se sestra odzove na alarm in klic obravnava se enota za čas oskrbovanja postavi v stanje obveščanja o novem alarmu (stanje prisotnosti). V tem stanju sobna enota ne generira električnih signalov. Namen stanja prisotnosti je, da sestro opozori na morebiten aktiven klic v kakšni drugi sobi, kar ji da možnost, da prilagodi svoje delo. Ko sestra konča z oskrbovanjem varovanca, s ponovnim pritiskom na zeleni gumb sobno enoto postavi v stanje mirovanja.



Slika 3.3: Delovanje naprav, ki sodelujejo pri aktivaciji in obravnavi klica.

Zadnja naloga sobne enote je nadzor nad lučjo, ki je nad vhodom v sobo, in sestri vizualno sporoča, da je v sobi aktiven klic. Luč ima tri stanja: ugašena, prižgana rdeče barve in prižgana zelene barve. Rdeča barva pomeni, da je v sobi aktiven klic, zelena barva pa, da je v sobi prisotna sestra. Če luč ni prižgana pomeni, da klica ni. Te luči morajo biti dovolj svetle, da se

jih lahko zlahka razloči tudi podnevi.

## 3.2 Modul za obdelovanje signalov

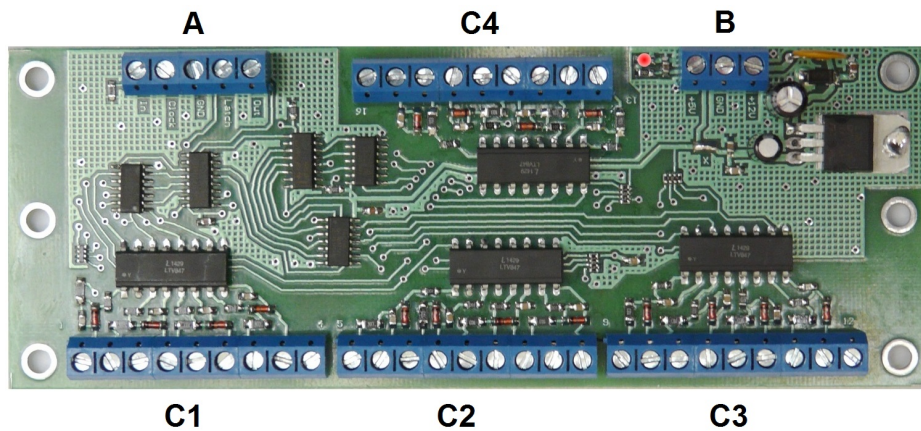
Za prenašanje informacij med gradniki sistema sta na voljo žični in brezžični način. V Sloveniji večina domov starejših nima zanesljivega WiFi sistema, primerne za implementacijo klica na pomoč. In tudi če bi ga imeli, je žični sistem bolj zanesljiv in preprost. Poleg tega je cena kvalitetnega WiFi sistema, ki dobro pokriva vsako sobo v domu starejših, zelo visoka. Zaradi preprostosti izvedbe, večje zanesljivosti in cene projekta bom torej ustvaril žični sistem.

### 3.2.1 Relejna ploščica

V realnih okoljih je električno omrežje neke stavbe nepredvidljivo. Spremenljiva obremenitev, zastarela ali nekvalitetna oprema, in tudi naravni pojavi, kot je udar strele, lahko poškodujejo občutljive elemente električnih vezij. Tej nevarnosti se bom izognil z uporabo relejne ploščice z vgrajenimi optokaplerji. Optokapler je element, ki prenaša električne signale med dvema ločenima vezjema s pomočjo svetlobe, kar prepreči prehod visokih napetosti. Ploščica tako varno sprejme električne signale, ki jih generirajo sobne enote. Vsak rele zazna napetost med 3V in 24V; na ploščici pa so štirih skupinah, ki so na sliki označene s  $C1 \dots C4$ . V eni skupini so štirje releji s svojimi pozitivnimi in negativnimi priključki. Zadnji (desni) priključek v skupini je ozemljitev ploščice. Ta priključek je tu za lažje žičenje. Dodatna prednost relejne ploščice je povečanje števila sob, ki jih lahko hkrati obdeluje sobni modul.

Funkcije priključkov, označenih s črko  $A$ , so:

1. vhod bitov v ploščico,
2. izhod bitov iz ploščice,



Slika 3.4: Relejna ploščica *stedi16px* izdelovalca *SmartHardware*, pogled od zgoraj.

3. stikalo za prenos bitov iz pomikalnega registra proti izhodu, imenovano *latch*,
4. signal za uro (sinhronizacija nadrejene in podrejenih naprav),
5. ozemljitev.

Vsaka sobna enota je povezana na svoj par relejnih priključkov. Če je sobna enota aktivna, se na relejnem priključku sklene električni krog z napetostjo 12V. Stanje relejev (aktiven / neaktiven) se beleži v 8-bitnih pomikalnih registrih na ploščici. Aktivni releji so predstavljeni z 1, neaktivni pa z 0. V enem pomikalnem registru je torej dovolj informacijskega prostora za beleženje stanja osmih relejev. Ker sta pomikalna registra dva, pomeni, da ena ploščica posredno beleži stanje šestnajstih sob v domu starejših.

Primer: če so aktivne sobe 1, 3 in 17, ostale sobe pa so neaktivne, je v prvem registru shranjena vrednost 10100000, v drugem pa 10000000. Ti vrednosti programsko beremo s pomočjo protokola SPI.

### 3.2.2 Raspberry Pi

Ker je cilj diplomske naloge razviti sodobno in prilagodljivo rešitev je za izvajanje nalog koncentratorja uporabljen relativno zmogljiv računalnik. Ostale zelene specifikacije so bile vgrajena podpora za generiranje in obdelovanje električnih signalov, podpora za operacijski sistem Linux in priključek za internet.

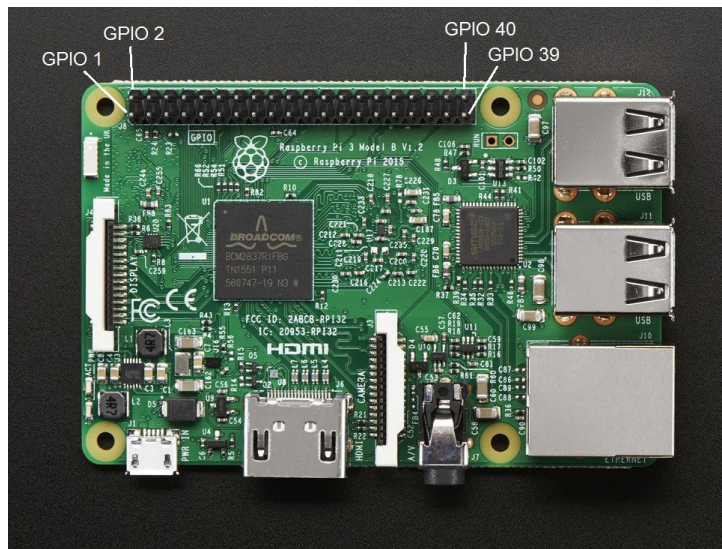
Vse te zahteve odlično izpolni računalnik v velikosti bančne kartice z imenom *Raspberry Pi 3* izdelovalca Raspberry Pi Foundation. V času pisanja diplomske naloge je bilo prodanih že več kot 10 milijonov računalnikov iz serije Raspberry Pi [6]. Zaradi odprte narave Raspberry Pi projekta, ki temelji na učenju programiranja in elektrotehnike, je na internetu zelo veliko materiala, ki služi kot pomoč pri ustvarjanju lastnih rešitev.

Pomembnejše tehnične specifikacije računalnika Raspberry Pi 3 so:

- Štiri-jedrni procesor ARMv8 s frekvenco 1,2GHz,
- 40 GPIO pinov, ki jih lahko programsko nastavljamo,
- poganja razširljivo in prosto dostopno različico Linux operacijskega sistema z imenom Jessie Lite,
- podpora za pomnilniške kartice tipa Micro-SD, na kateri so operacijski sistem in ostali podatki,
- vgrajen WiFi modul za lažje razvijanje projektov.

Za izvedbo rešitve so uporabljeni pini z naslednjimi zaporednimi številkami:

- 2 - napajanje relejnih ploščic,
- 3 - ozemljitev relejnih ploščic,
- 19 - master out, slave in,
- 21 - master in, slave out,



Slika 3.5: Raspberry Pi v3. GPIO pini so v dveh vrsticah po 20, na sliki levo zgoraj.

- 23 - ura,
- 34 - ozemljitev latch,
- 38 - pin latch.

V podpoglavju 3.2.1 je omenjeno, da relejna ploščica poveča število signalov, ki jih lahko hkrati obdeluje modul za obdelovanje signalov. To je doseženo z veriženjem štirih ploščic, kar ponuja 64 posameznih vhodov. Če bi želeli ustvariti manj kvalitetno rešitev, brez uporabe relejne ploščice, bi lahko uporabljali GPIO pine kar direktno na Raspberry Pi. Teh je približno 30; sprejmejo lahko le 3,3V, kar pomeni, da bi vseeno potrebovali dodatno opremo za znižanje napetosti iz sobnih enot.

### 3.2.3 Programsko obdelovanje signalov

Programski jezik, v katerem je napisan obdelovalnik signalov je lahko katerikoli, ki se prevede na procesorju ARMv8 računalnika Raspberry Pi 3 [7]. Na podlagi prejšnjih izkušenj sem izbral jezik Python verzije 3.5, saj

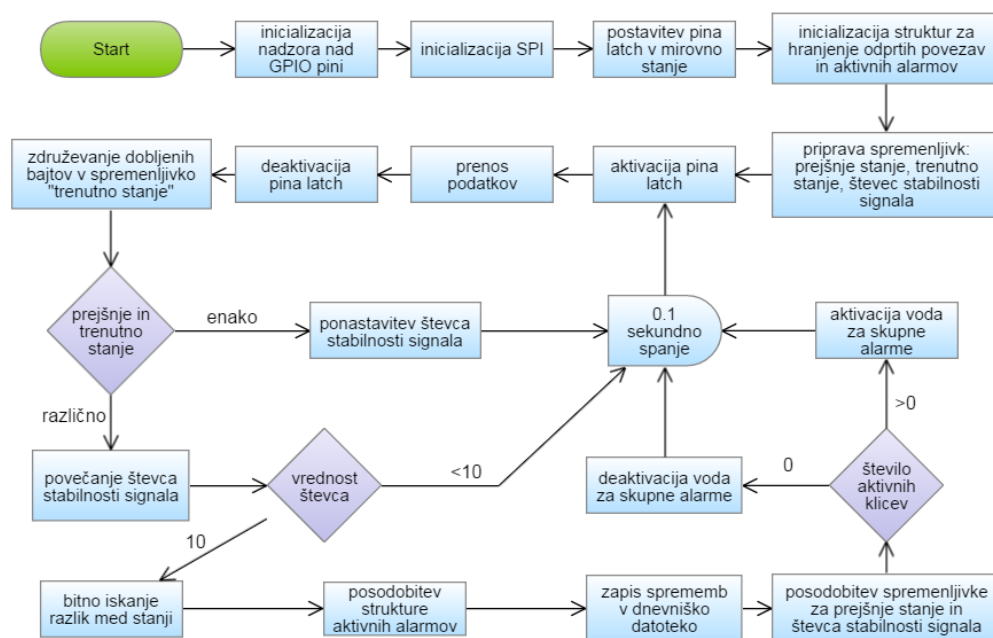
je razširjen in preprost za uporabo. Na internetu je na voljo mnogo prosto dostopnih knjižnic za obdelavo signalov in mreženje. Na Raspberry Pi je jezik Python celo vnaprej naložen, vendar v verziji 3.4. Nadgradnja jezika v verzijo 3.5, ki jo zahteva knjižnica Websockets, je bila nekoliko težavna, saj ni dovolj, da samo inštaliramo najnovejšo verzijo iz uradne strani. Da bi se izognili težavam, je priporočena uporaba sistema za urejanje paketov, kot je naprimer vgrajeni Advanced Packaging Tool (ukaz *apt*). Ta poleg nameščanja glavnih datotek poskrbi tudi za ostale programske komponente, ki omogočajo pravilno inštalacijo in delovanje.

Sledi seznam uporabljenih knjižnic:

- *pigpio* - nadzor nad vgrajenimi pini računalnika Raspberry Pi. Domača spletna stran: <http://abyz.co.uk/rpi/pigpio/>;
- *spidev* - Python vmesnik za gonilnik SPI. Domača spletna stran: <https://pypi.python.org/pypi/spidev>;
- *websockets* - podpora za razvijanje strežnikov in odjemalcev Websocket. Domača spletna stran: <https://pypi.python.org/pypi/websockets>;
- *asyncio* - ogrodje za asinhrono programiranje. Knjižnica je že vgrajena v Python 3.5.;
- *tailer* - modul, ki omogoča hitro branje zadnjih vrstic tekstovne datoteke. Domača spletna stran: <https://pypi.python.org/pypi/websockets>;
- *json* - knjižnica za udobnejše kodiranje in dekodiranje podatkov v notacijo JSON. Domača spletna stran: <https://pymotw.com/2/json/>;
- *mysql-connector* - programski vmesnik za upravljanje podatkovne baze.

Programsko obdelovanje signalov je prikazano z diagramom poteka na sliki 3.6. Prva naloga programa za obdelovanje signalov je, da s pomočjo prosto dostopnih knjižnic *pigpio* in *spidev* omogoči nadzor nad vgrajenimi pini na Raspberry Pi ter za potrebe branja stanja vhodov iz relejne ploščice

inicializira protokol SPI. Nato lahko programsko nastavljamo izhodno napetost pina latch, kar nam omogoča, da iz ploščice preberemo stanje. Značilnost protokola SPI je, da se branje in pisanje izvajata hkrati, kar pomeni, da moramo za pridobitev dveh bajtov podatkov iz pomikalnega registra vanj dva bajta tudi zapisati. Vsebina pisanih podatkov ni pomembna, saj ploščica registre takoj po izklopu pina latch nastavi nazaj na dejansko stanje. Operacijo aktivacije pina latch, pisanja/branja in izklopa pina latch ponavljamo približno desetkrat na sekundo. Pogostost te operacije ni časovno kritična.



Slika 3.6: Diagram poteka: programsko obdelovanje signalov

Ko iz ploščice dobimo sveže stanje (2 bajta ničel in enk), ga s pomočjo logične operacije XOR primerjamo s prejšnjim potrjenim stanjem in ugotovimo, če je prišlo do spremembe. Da bi se izognili lažnim alarmom in za zagotavljanje večje robustnosti, mora biti signal stabilen vsaj eno sekundo (oziroma deset branj), preden se potrdi sprememba stanja. Ko je novo stanje potrjeno se s pomočjo logične operacije AND direktno primerja vrednost posameznih bitov trenutnega in preteklega potrjenega stanja. Tako ugotovimo,



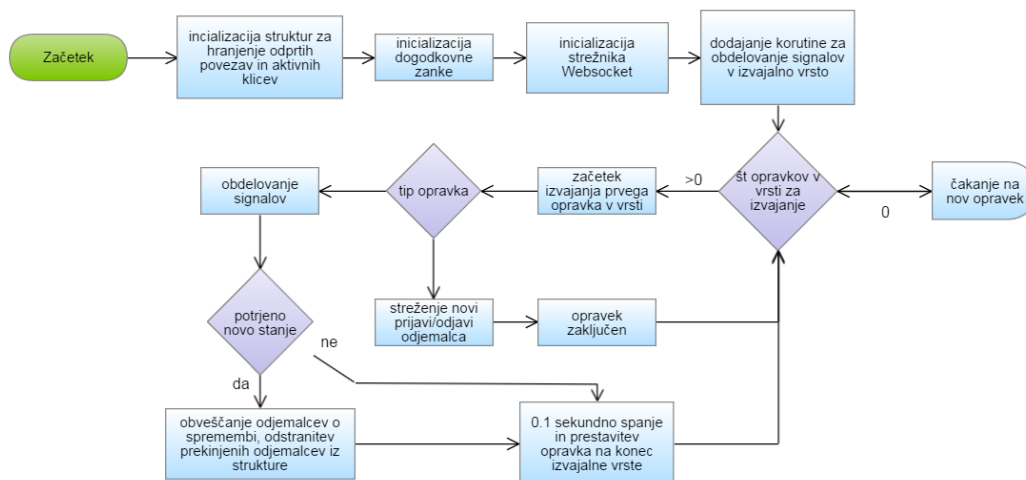
na katerem relejnem vhodu se je to zgodilo in ali je bil klic aktiviran ali obravnavan. Ugotovljene spremembe se skupaj s časom zapišejo v posebno strukturo za obveščanje odjemalcev, v dnevniško datoteko in podatkovno bazo.

### 3.3 Strežniški modul

Komunikacija med dvema napravama, priključenima na internet, običajno poteka po modelu odjemalec/strežnik, kjer odjemalec pošilja zahteve na strežnik, ta pa na njih odgovori. V sistemu HofSOS je odjemalec spletni brskalnik oziroma Android aplikacija, strežnik pa Python program, ki bo odjemalca obveščal o spremembah v sistemu. Odjemalec in strežnik za komunikacijo uporabljata neki protokol. Izbral sem protokol Websocket. To je protokol, ki opredeljuje polno dvosmerno komunikacijo med strežnikom in odjemalcem. Protokol je standardiziran v RFC 6455 [8]. Oblikovan je bil z namenom, da bo vgrajen v spletne brskalnike in strežnike in da bo omogočal varno in dolgo obstojno dvosmerno povezavo. V času pisanja te diplomske naloge, je ta protokol v brskalnikih dobro podprt. Glavna prednost protokola je, da omogoča strežniku, da odjemalcu pošlje podatke, ne da bi ga ta za to izrecno prosil, saj je komunikacijski kanal vedno odprt. Za potrebe protokola sta bili definirani tudi novi shemi *URI*, označeni z *ws* in *wss*. Naslov internega Websocket strežnika je tako na primer `ws://dsoprimer.si`. Komunikacija se izvaja preko TCP vrat s številko 80.

Strežniški modul v sistemu HofSOS skrbi za upravljanje z odjemalci Websocket in za njihovo obveščanje o stanju sistema. Sem spadajo naloge, kot so streženje novim zahtevam po odprtju komunikacije, terminiranje komunikacije, vzdrževanje strukture povezanih odjemalcev in pošiljanje stanja sistema ob prvem priklopu odjemalca ter ob vsaki zaznani spremembi stanja. Te dejavnosti so prikazane z diagramom poteka na sliki 3.7.

Podlaga za streženje je prosto dostopna knjižnica za asinhrono programiranje *asyncio*. Strežnik je implementiran s konceptom dogodkovne zanke



Slika 3.7: Diagram poteka: delovanje strežniškega modula

(angleško: *event loop*) za doseganje asinhronosti, ki je potrebna za učinkovito dvosmerno komunikacijo z več udeleženci. Princip dogodkovne zanke je naslednji: v zanki je seznam opravkov, ki opravljajo dvosmerno komunikacijo. Vedno se izvaja samo en opravek, ostali pa čakajo. Zaradi narave dvosmerne komunikacije se pogosto zgodi, da opravek čaka na odgovor soudeleženca. Ker ob čakanju nepotrebno trati računalniške vire, je bolje, da izvajanje zanke preda naslednjemu opraveku v vrsti, sam pa se postavi na konec vrste. Prenašanje izvajanja zanke se izvaja na podlagi dogodkov, kot sta na primer *končal sem z govorjenjem, počakal bom na odgovor* ali *prejel sem vprašanje, vendar potrebujem nekaj časa, da pripravim odgovor*.

Število opravkov, ki so v sistemu HofSOS v čakalni vrsti je spremenljivo in odvisno od količine povezanih odjemalcev. Prvi opravek je programsko obdelovanje signalov, omenjeno v prejšnjem poglavju. Ker je to del nadzorne funkcije sistema, se ta opravek ponavlja na približno 0,1 sekunde, druge opravke pa v vrsto za izvajanje nalaga strežnik Websocket. Ti opravki so streženje zahtevi po vzpostavitvi komunikacije, zaznavanje prekinjene komunikacije z odjemalcem in pošiljanje sporočila odjemalcu. Slika ?? prikazuje inicializacijo in delovanje strežniškega modula.

### 3.3.1 Podatkovna baza

Del strežniškega modula je tudi podatkovna baza tipa *MySQL*, v kateri so shranjeni podatki o klicih. Podatkovna baza je dostopna v lokalni mreži in v nasprotju z dnevniško datoteko ponuja zapise v obliki, ki je primernejša za računalniško obdelovanje podatkov. Ker lahko do podatkovne baze neposredno dostopajo drugi avtorizirani procesi se poveča sposobnost integracije sistema HofSOS v druge rešitve, ki tako pridobijo funkcionalnost daljinskega klica na pomoč. Kot zgled je sprogramirana funkcija, ki na zahtevo odjemalca iz podatkov o trajanju klica izračuna povprečni odzivni čas.

## 3.4 Prikazovalni modul

Program teče na vseh napravah, ki podpirajo sodobne internetne brskalnike z vgrajeno tehnologijo HTML5 in ki so žično ali brezžično priključene v mrežo. Za operacijske sisteme Android verzije 4.0 in novejše je za zagotavljanje dobre uporabniške izkušnje izdelana namenska aplikacija. Sam prikaz je tehnično nezahteven in ga lahko učinkovito prikazujejo tudi starejše in manj zmogljive naprave. To velja za klasične računalnike in tudi za prenosne pametne naprave.

Odjemalec je spletna stran, ki uporablja tehnologijo *HTML* za prikaz gradnikov in programski jezik *Javascript* za priklop in komunikacijo s strežnikom ter za grafični prikaz klicev (slika 3.8). Strežnik, ki to spletno stran postreže, naj je zaradi omrežne varnosti nahaja nekje na lokalni mreži, lahko tudi na računalniku Raspberry Pi samem. Uporabljen operacijski sistem ima vgrajen PHP modul, ki omogoča tudi postavitev zelo preprostega strežnika spletnih strani.

V brskalnikih je prikazovalnik sestavljen iz grafičnega tlorisa z označenimi sobami. Ko je v neki sobi ali v veči sobah aktiven klic, sobe utripajo rdeče. Pod tlorisom je tekstovni prikaz aktivnih klicev v rdeči barvi, na desni strani prikaza pa izpis zadnjih nekaj deset vrstic dnevniške datoteke. Ta način se uporablja na napravah z velikimi ekrani, kot so namizni, prenosni ali tablični



Slika 3.8: Brskalniški odjemalec

računalnik.

V primerjavi z brskalniškim odjemalcem je aplikacija za Android okrnjena in ponuja le tekstovni pregled aktivnih klicev in dnevniške datoteke. Razlog za to je majhen ekran, značilen za prenosne naprave, na katerem mora zaradi preglednosti hkrati biti le malo informacij. Slika 3.9 prikazuje izgled na pametni napravi. Z izbiro gumba se pojavijo informacije zelenega tipa.



Slika 3.9: Odjemalec Android



## Poglavje 4

# Primer implementacije končnega izdelka

V namišljenem domu starejših občanov Tiho polje biva 180 stanovalcev; za njihovo direktno zdravstveno nego in oskrbo skrbi osem zaposlenih: glavna medicinska sestra, tehnik zdravstvene nege, dva bolničarja negovalca, strežnica, delovni terapevt in fizioterapevt.

Dom starejših je razdeljen na tri bivalne trakte; vsak trakt se dviga v dve nadstropji; v vsakem nadstropju je 10 ali 15 dvoposteljnih sob (slika 4.1).

V pritličju sredinskega trakta je centralna soba, kjer se stikata javno in privatno telefonsko, električno in internetno omrežje. Iz te lokacije vodijo žice do vsake sobe, kjer sta priključka za stacionarni telefon in internet. Že ob izgradnji doma je bilo predvideno, da bo vgrajen moderen sistem klica na pomoč, zato iz centralne sobe v vsako sobo vodijo žice potrebne za njegovo delovanje. Prav tako je v sobi urejeno posebno omrežje z napetostjo 12V, na katerega je mogoče neposredno priključiti elemente sobnega modula. V centralni sobi sta modul za obdelovanje signalov in strežniški modul.

V vsakem posameznem nadstropju je prostor, ki ga bom imenoval sestrška niša. Tu je računalnik z zvočnikom, na katerem je odprt prikazovalnik klicev. Sestra se največkrat zadržuje na tem območju.



Slika 4.1: Tloris pritličja namišljenega doma starejših. Rdeča barva prikazuje bivalne prostore, rumena barva sestrške niše, zelena pa strežniško sobo.

## 4.1 Pregled delovanja HofSOS s primerom

S pomočjo primera preizkusimo, kakšno funkcionalnost in uporabno vrednost prinese sistem HofSOS. Predstavljajmo si, da se neko jutro v domu Tiho polje stanovalec v sobi 3 zbudi in se ne počuti dobro. Ker potrebuje pomoč in nasvet sestre, pritisne na gumb na posteljni enoti. Električni signal iz posteljne enote po žici potuje do sobne enote, ki vklopi rdečo luč pred vhodom v sobo, aktivira vod za skupne alarme in se postavi v aktivno stanje. Signal potuje naprej do centralne sobe, kjer žice vodijo do obdelovalnega modula.

Relejna ploščica obdelovalnega modula zazna, da je vhod 3 aktiven, in to stanje zapiše v pomikalni register. Vrednost iz pomikalnega registra s pomočjo protokola SPI desetkrat prebere računalnik Raspberry Pi in ugo-



tovi, da je bil sprožen klic iz sobe 3. To skupaj s časom zapiše v dnevniško datoteko, nato pa strežniški modul obvesti o spremembi. Ta vsem povezanim odjemalcem po internetnem protokolu pošlje informacijo. Eden od njih je odprt na računalniku v sestrski niši, ki prikaže novo stanje in iz zvočnikov generira zvočni signal.

Sestra, ki skrbi za to območje v domu, zasliši zvočni signal in z enim pogledom ugotovi, v kateri sobi je bil aktiviran aktiviran klic. Odpravi se na lokacijo in s pritiskom na zeleni gumb postavi sobno enoto v stanje obveščanja o novem alarmu. Sobna enota ugasne rdečo luč in prižge zeleno, deaktivira vod za skupne alarme in se postavi v stanje obveščanja o novem alarmu. Klic v sistemu ni več aktiven.

Nekaj minut kasneje, (medtem ko sestra oskrbuje stanovalca) nekdo v sobi 19 sproži klic. Sobna enota 19 aktivira vod za skupne alarme, ki povzroči, da začne sobna enota 3 piskati. Sestra to zasliši in ugotovi, da je še nekje aktiven klic. Svoje delo prilagodi (morda na pomoč pokliče sodelavko) in deaktivira sobno enoto. Nato se razgleda po hodniku in s pomočjo luči ugotovi, v kateri sobi je še aktiven klic. Če zaradi strukture doma ne vidi vseh luči, se odpravi do sestrške niše, kjer ji prikazovalnik sporoči novo natančno stanje.

V domovih, ki želijo uporabljati pametne naprave, je postopek še lažji, saj poleg odjemalca v sestrski niši stanje prikazuje tudi pametna naprava, ki jo sestra nosi s seboj. Kljub dodatni uporabnosti pa se mnogi domovi ne odločijo za uporabo pametnih naprav zaradi višjega začetnega vložka ali pa drugačnega načina vodenja doma. Nekatere študije na področju daljinskih sistemov na pomoč so celo pokazale rezultate, da lahko stalno prekinjanje dela sester s strani brezžičnih naprav, ki jih ima sestra pri sebi, slabo vpliva na delo sester. [9] [10] [11].

## 4.2 Sklep

Cilj diplomske naloge je bil izdelati moderen sistem daljinskega klica na pomoč za domove starejših, ki ponuja več funkcionalnosti in razširljivosti kot

starejši sistemi. Ti so ponujali daljinsko sproženje klica na pomoč in opremo, ki je sestro obvestila o klicu in jo vodila do lokacije. Tudi moja rešitev HofSOS z združeno strojno in lastno programsko opremo nudi osnovno funkcionalnost, poleg tega pa še beleženje dnevniških datotek, uporabo pametnih naprav in možnost delovanja z različno strojno opremo. Ker rešitev podpira vse plasti modela OSI in teče na modernem računalniku, zagotavlja dobro razširljivost.

Z analizo trenutnega stanja sem ugotovil, da obstaja potreba po modernizaciji zastarelih sistemov in izdelal rešitev, ki je preprosta in razširljiva. Osnovna funkcionalnost je s strani uporabnikov že znana, kar je predvsem za starostnike zelo pomembno. Tudi zaposleni ne potrebujejo posebnega izobraževanja za pravilno uporabo sistema. Uporabljene sobne naprave so na trgu prosto dostopne, zaradi fleksibilnosti sistema je z manjšimi popravki programske kode možna uporaba naprav različnih proizvajalcev (cenejših, bolj zanesljivih, drugačnega izgleda...). Z uporabo relejne ploščice zagotovim uspešno delovanje sistema v realnih električnih mrežah, v katerih so do razumne mere prisotne tudi motnje in občasni izpadi. Preprostost serijske komunikacije med relejno ploščico in računalnikom Raspberry Pi ponuja dobro zanesljivost in pretočnost majhne količine podatkov. Program za obdelovanje signalov sem napisal s čim bolj preprosto logiko, kar omogoča lažjo diagnostiko v primeru težav in preprosto razširljivost. Pri ustvarjanju strežnika sem posebno pozornost namenil pravilnosti struktur za hranjenje in vodenje več povezanih odjemalcev; odjemalci sami so zaradi delovanja na internetnih brskalnikih in Android pametnih napravah prenosljivi. Menim, da bi ponujena funkcionalnost po do stopni ceni ustanove zanimala in utrla pod nadaljnjemu razvoju in sodelovanju.

# Literatura

- [1] B. S. et al., “A stronger biomedical research for a better european future,” *European Medical Research Councils*, 2011. Stran 45.
- [2] A. Sadikov, J. Žabkar, M. Možina, V. Groznik, D. Georgiev, and I. Bratko, “A decision support system for spirographic testing,” tehnično poročilo, Fakulteta za računalništvo in informatiko Ljubljana, 2014.
- [3] “Eurostat, [http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=demo\\_pjanind&lang=en](http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=demo_pjanind&lang=en).” Dostop 3.1.2017.
- [4] “Uradni list republike slovenije št. 45/2010, pravilnik o standardih in normativih socialnovarstvenih storitev,” 2010.
- [5] M. Gams, Z. Pirtošek, and R. Trobec, “Sps delavnica em-zdravje,” Institut Jožef Stefan, 2015.
- [6] “Ten milionth raspberry pi, and a new kit, <https://www.raspberrypi.org/blog/ten-millionth-raspberry-pi-new-kit/>.” Dostop 3.1.2017.
- [7] “Raspberry pi uradna stran z odgovori na pogosta vprašanja, <https://www.raspberrypi.org/help/faqs/#softwareLanguages>.” Dostop 3.1.2017.
- [8] “The websocket protocol, <https://tools.ietf.org/html/rfc6455>.” Dostop 3.1.2017.

- [9] J. Klemets, T. Evjemo, and L. Kristiansen, “Designing for redundancy: nurses experiences with the wireless nurse call system,” *Studies in Health Technology and Informatics*, vol. 192, pp. 328–332, 2013.
- [10] E. Miller, C. Deets, and R. Miller, “Nurse call systems: impact on nursing performance,” *Journal of Nursing Care Quality*, vol. 11, no. 3, pp. 36–43, 1997.
- [11] E. Miller, C. Deets, and R. Miller, “Nurse call and the work environment: Lessons learned,” *Journal of Nursing Care Quality*, vol. 15, no. 3, pp. 7–15, 2001.